

变频调速恒压供水系统新方法^①

赵水英¹, 孙旭霞²

¹(宿州学院 机械与电子工程学院, 宿州 234000)

²(西安理工大学 自动化与信息工程学院, 西安 710048)

摘要: 针对当前多数恒压供水系统水泵运行状态单一、不能自动完成多台水泵循环工作, 影响水泵使用寿命且使其它水泵长期停歇造成资源浪费的问题。提出了采用支持图形化逻辑电路编程的 LOGO! 可编程控制器, 依据增泵条件和减泵条件, 实现了变频恒压供水系统多泵自动循环工作和定时自动切换的控制功能。实际运行结果表明, 该方法控制有效, 系统运行稳定可靠、功能完善。

关键词: LOGO!; 变频调速; 恒压供水; 多泵状态转移; 定时切泵

New Method of Constant Pressure Water Supply System by Variable Voltage and Variable Frequency

ZHAO Shui-Ying¹, SUN Xu-Xia²

¹(School of Mechanical and Electronic Engineering, Suzhou University, Suzhou 234000, China)

²(Faculty of Automation and Information Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: In view of the current most water-pump of the constant pressure water supply system running state single, and can not complete multiple pumps cycling work automatically, Thus to affect water-pumps used life and cause the problem which the resources are wasted, because of other water-pumps can not work for long time. This paper put forward to adopt LOGO! programmable controller which supports to use the graphical logical circuit to program, and according to the condition for increasing water-pumps and the condition for reducing water-pumps, the control functions of multi-pumps cycling automatically and switching pumps automatically in an assigned time are implemented. The Practical running result indicates that this method can effectively control the system, the system running has the stable reliability and perfect function.

Key words: LOGO!; variable voltage and variable frequency; constant pressure water supply; states transition multi-pump; switching pumps regularly

目前人们生活或工业生产中使用的恒压供水系统多数是采用变频器与可编程控制器相结合, 根据设定的管网压力自动调节水泵的转速, 实现水泵电机的无极调速。这种控制方法不仅弥补了传统供水系统中管网水压随用水量变化和水质遭受二次污染的不足, 而且还具有以下突出优点: (1) 节能。由于原来都是用定频 50HZ 的交流异步电动机, 电机始终工作在一个功率点上, 调节供水量只靠挡板节流的方式, 这样就浪费了大量的电能。采用变频供水方案后, 调节供水

量通过调节电机的工作频率就可以了, 改变电机的工作点, 这样就节省 20%~40% 的电能; (2) 运行合理。由于电机是软起、软停, 不但可以消除水锤效应, 而且减小了电机轴上的平均扭矩和磨损, 减少了维修量和维修费用, 同时保证了水泵的正常使用寿命; (3) 占地面积小, 投资少, 效率高; (4) 配置灵活, 自动化程度有了较大提高。因此, 变频恒压供水方案已成为目前较理想的供水方案。

但是, 实际使用中通常固定一台水泵变频运行,

① 收稿时间:2011-10-06;收到修改稿时间:2011-11-14

其他水泵工频运行，会出现变频泵不间断运行，而造成其他水泵长期不用发生锈蚀的问题。这样不仅造成巨大的设备资源浪费，而且还会影响一直处于工作状态电机的使用寿命。为了彻底解决这个问题，本文提出了采用可编程控制器 LOGO!，通过软件实现多泵循环和定时自动切换水泵的工作状态，使每个水泵轮流工作在变频/工频状态。通过实际应用表明，该方法控制有效，不仅达到了多泵可靠循环工作和定时自动切换水泵的控制目的，而且避免了设备资源利用不均和水质二次污染的问题。同时，减少了不必要的人力资源浪费，供水系统的自动化程度也得到了较大提高。

1 恒压供水系统组成

恒压供水系统主要由触摸屏操作面板、可编程控制器、普通变频器、交流接触器、水泵机组和压力变送器几部分构成。系统组成框图如图 1 所示。系统以设定压力为控制目标，以水泵机组为控制对象，利用压力变送器采集用户管网水压信号并反馈给变频器，与设定压力相比较，通过变频器内设的 PID 调节器调整变频水泵工作电压频率。可编程控制器 LOGO! 读取变频器的工作频率，通过变频逻辑和工频逻辑定时切换水泵机组的工作状态。系统能时刻跟踪管网水压与设定的压力设定值的偏差变化情况，通过变频器内部的 PID 运算，由 LOGO! 通过变频逻辑和工频逻辑控制水泵的变频工作状态与工频工作状态切换，自动控制水泵电机投入台数和电机转速，实现闭环自动调节恒压供水。触摸屏负责控制系统中相关参数及工作信息的设定与显示。此外，系统运行方式分自动和手动两种。选择手动运行方式时，操作人员可以通过触摸屏操作面板上的按钮控制每个泵的单独立运行和停止，便于调试和维修。

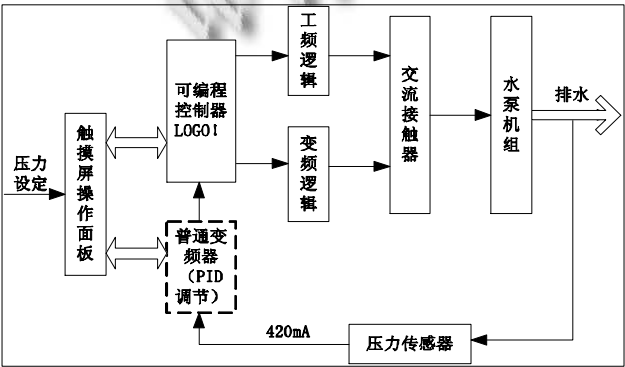


图 1 恒压供水系统组成框图

1.1 系统主电路构成

本系统采用变频一拖四工作方式，系统主电路原理图如图 2 所示。图中交流接触器组 1KM、5KM 分别控制 1 号泵的变频运行和工频运行；2KM、6KM 分别控制 2 号泵的变频运行和工频运行；3KM、7KM 分别控制 3 号泵的变频运行和工频运行；4KM、8KM 分别控制 4 号泵的变频运行和工频运行。当系统启动运行时，1 号泵电机 M1 开始变频运行，当管网压力不能满足用户要求时，依次工频启动其余 3 台水泵。当管道内压力减小时，以“后启先停”的顺序依次断开三个工频泵。

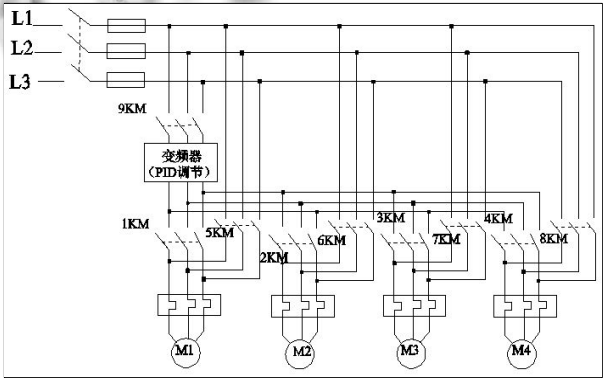


图 2 供水系统主电路示意图

1.2 系统控制电路构成

系统稳态运行时，通常只有一台水泵长期工作在变频情况，而其他水泵长期闲置不用。为了避免长期闲置而造成锈蚀的问题，采用 LOGO! 编程实现状态切换，完成四台水泵的定时切换运行。系统控制电路图如图 3 所示，LOGO! 的输入包括变频器三个输出继电器 R2、R3、R4 的常开触点和四个空气开关的辅助常开触点 1QF、2QF、3QF、4QF；输出为八个接触器的线圈，即：1KM~8KM。每个接触器线圈分别控制相应水泵的变频/工频运行。

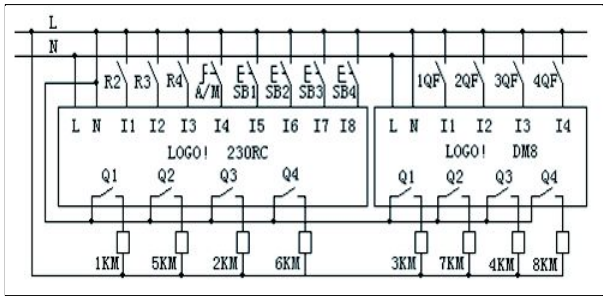


图 3 LOGO! 接线图

2 状态转移和定时切泵

状态转移和定时切泵是解决变频调速恒压供水系统资源利用不均的关键方法。变频器控制电机转速，而水泵的状态转移和定时强迫切换由触摸屏操作面板控制。投切顺序采用变频启动→工频→下一台电机变频启动的直接切换方式。这种切换逻辑可以利用用水量高峰和低谷进行工作水泵和备用泵的循环，状态转移简洁合理。但在切泵时，必须遵循以下两个原则：第一，每台电机变频运行与工频运行互锁；第二，切泵时，先关闭变频泵，再启动工频泵。

2.1 状态转移

系统设有手动运行和自动运行两种方式。系统自动运行时，由定时器控制水泵八种运行状态的自动切换，八种运行状态即 S1~S8，如图 4 所示。其中 S1、S3、S5、S7 为四个主状态，每个状态代表一种继电器和水泵的对应关系，用定时器 T1 记录主状态的运行时间；S2、S4、S6、S8 为四个中间状态，用定时器 T2 记录中间状态的运行时间。当一台水泵由变频运行转换到另一台水泵变频运行时，先将前一台水泵的变频接触器断开，经过一个中间状态后，闭合后一台水泵的变频接触器。这样可以避免两台水泵同时工作在变频运行状态而造成过载故障。

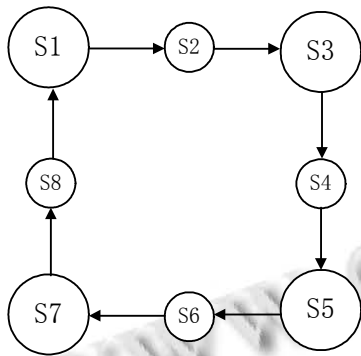


图 4 八种运行状态切换

每一个主状态表示的继电器和水泵的对应关系如图 5 所示。其中，R1 表示变频运行，R2、R3、R4 表示工频运行。主状态 S1 对应 1 号泵变频运行，2 号、3 号、4 号泵工频运行；主状态 S3 对应 2 号泵变频运行，3 号、4 号、1 号泵工频运行；主状态 S5 对应 3 号泵变频运行，4 号、1 号、2 号泵工频运行；主状态 S7 对应 4 号泵变频运行，1 号、2 号、3 号泵工频运行，对应的逻辑关系如图 5 所示。

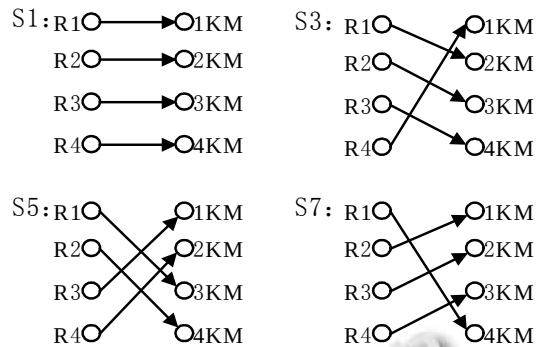


图 5 状态定时切换主状态示意图

2.2 增泵条件和减泵条件

然而，水泵机组由当前工作状态转移到下一个工作状态，需要满足增、减泵条件或定时时间到。增泵条件由两个判别条件同时决定：①变频器工作在上限频率，②变频器维持上限频率一定时间。水泵由变频切换到工频运行，上限频率为 50Hz。如果每当变频器工作在上限频率时就切换水泵，而增加水泵又使管网水压超过了设定压力，需要减泵，自动投切的机组进入加泵→减泵→加泵的循环中，造成系统不稳定。因此，设定延时时间，当变频器维持上限频率一定时间后再加泵。

同理，减泵条件也由两个判别条件同时决定：①变频器工作在下限频率；②变频器维持下限频率一定时间。由于管网中的水压会给电机一个反向力矩，变频器需要提供一个基本频率维持水泵最低转速保证水泵抽水。根据水泵特性及系统使用场所，一般设为 20Hz 左右。当某台水泵发生短路等故障时，对应空气开关断开，LOGO! 获得其输入信号，自动切换到下一状态，跳开故障泵，保证供水不受影响。

由于主状态的运行时间和中间状态的运行时间分别用 T1、T2 记录，通过这两个定时器产生移位寄存器的触发脉冲，T1 产生主运行状态的触发脉冲，T2 产生中间状态的触发脉冲。定时器由状态初始时刻触发，移位寄存器触发逻辑电路，如图 6 所示。

移位寄存器的数据位为 8 位，分别代表 8 个状态。移位寄存器的数据输入由各个状态经过逻辑转换读取，如图 7 所示。初始时刻每个状态均为 0，取反、相与后输出为 1，即 S1 为 1，S2~S8 为 0，然后移位寄存器的数据输入均为 0 值，保证寄存器内只有一位

为 1。

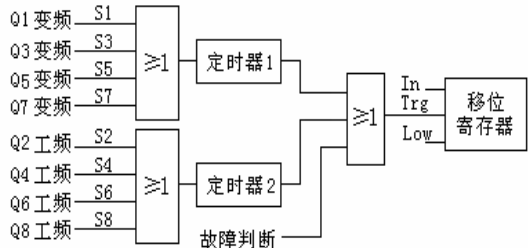


图 6 移位寄存器触发逻辑电路

2.3 定时切泵

系统设计的水泵最大容量是根据用水量的最大高峰和低谷，但实际使用中，用水量通常在一定小范围内波动，非常大的用水高峰很难出现，造成水泵机组固定工作在某几个状态不进行转移的现象，状态转移逻辑的优势难以发挥。针对这个问题，通过定时器强迫切换工作起点。每当运行到工作起点，开始计时，计时时间到，切换到下一个工作起点，强迫切泵后，系统可依据加泵条件或减泵条件自动转移到合适的工作状态。

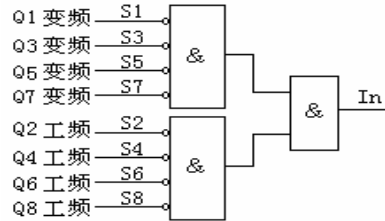


图 7 移位寄存器的数据输入

3 软件实现

系统采用状态转移和定时切泵相结合，依据增泵和减泵条件，实现多泵多状态循环运行。如 S1 状态实现梯形图如图 8 所示。当进入 S1 状态时，8 状态复位，等待时间计时。因为每个状态间的切换不是瞬时完成的，需要进入等待时间以完成水泵的投切工作。同时，为了准确的顺利完成定时强迫切泵任务，设定延时时间计时。当等待时间到时，1 号泵变频运行；变频器运行到上限时，检测时间计时（上下限延迟时间），检

测时间到，1 号泵停止变频，进入 S2 状态；延时时间到，进入下一个状态，实现变频泵循环工作。

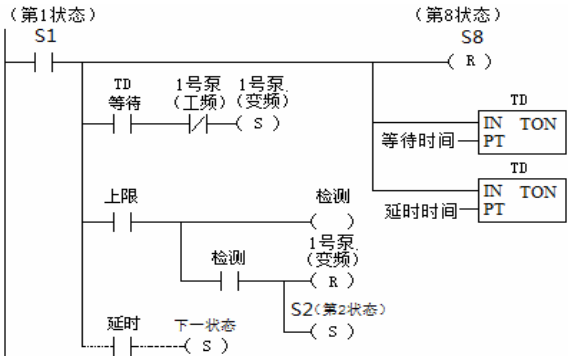


图 8 S1 状态梯形图

4 结语

本文在基于 LOGO! 的变频恒压供水系统中采用状态转移和定时切泵方法，依据增泵条件和减泵条件，很好地解决了变频恒压供水系统多泵循环运行问题。这样，不仅避免了设备资源利用不均而造成浪费的问题，而且使变频恒压供水系统的自动化程度得到了提高。本系统已在某水电站投入使用，系统运行可靠、功能完备，进一步验证了该方法的正确性、有效性。此外，该方法也为其它供水系统的改进提供了有力参考，故有着广阔的应用前景。

参考文献

- 1 何梅,张晓峰,刘西健.基于 VB 的小区变频恒压循环供水控制系统设计.微计算机信息,2010,26(8):39-41.
- 2 张扣宝.基于 PLC 和变频器控制的恒压供水系统.电气时代,2008,(2):48-49.
- 3 路野,周朝晖.基于 PLC 和变频调速的恒压供水系统设计.计算机与数字工程,2009,(1):162-164.
- 4 陈景文.高层建筑变频恒压供水控制系统设计.中国给排水,2007,(23):30-34.
- 5 李栗玲,刘军营.恒压供水自动测控系统的设计与实现.中国给水排水,2004,(20):74-76.
- 6 王幼涛,邓胜全.变频调速节水节能新技术.西北水资源与工程,1998,9(2):25-32.